

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕПЛОВИЗОРА ДЛЯ ОЦЕНКИ АДЕКВАТНОСТИ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА ПРИ ОПЕРАЦИЯХ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ

Я.Б. Бранд, М.Х. Мазанов, Д.В. Чернышев

НИИ скорой помощи им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы, Москва, Российская Федерация

THE USE OF THERMAL IMAGER TO ASSESS THE ADEQUACY OF MYOCARDIAL REVASCULARIZATION IN CORONARY BYPASS SURGERY

Y.B. Brand, M.H. Mazanov, D.V. Chernyshev

N.V. Sklifosovsky Research Institute for Emergency Medicine of the Moscow Healthcare Department, Moscow, Russian Federation

РЕЗЮМЕ

На протяжении последних двух лет в отделении неотложной коронарной хирургии у всех пациентов, которым выполняют коронарное шунтирование, во время операции стандартно используют тепловизионный комплекс (ТБК) *NEC TH-9100* для оценки состояния коронарного русла, оценки качества дистального анастомоза и эффективности реваскуляризации миокарда.

Хорошая визуализация коронарного русла с помощью интраоперационной термокоронароангиографии (ТКА) позволила определить минимально необходимый (рациональный) объем реваскуляризации миокарда в каждом конкретном случае.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Применение ТВК во время операции коронарного шунтирования позволяет достаточно эффективно в режиме реального времени проводить оценку состояния коронарных артерий (КА), обнаружить локализацию КА при субэпикардальном расположении, оценить качество выполненных анастомозов и зону кровоснабжения миокарда после его реваскуляризации.

Ключевые слова:

термокоронароангиография, коронарное шунтирование.

ABSTRACT

Over the past two years, thermal imaging complex (TIC) NEC TH-9100 has been used in all patients undergoing coronary bypass surgery in the department of emergency coronary surgery to assess the state of the coronary arteries, adequacy of distal anastomosis, and effectiveness of myocardial revascularization.

Good visualization of coronary blood flow with an aid of intraoperative thermal coronary angiography made it possible to determine the minimum required (rational) amount of myocardial revascularization in each case.

CONCLUSION

The use of TIC during coronary bypass surgery allows to assess the state of the coronary arteries in real time, as well as localize subepicardial coronary arteries and assess the anastomotic adequacy and myocardial perfusion after revascularization.

Keywords:

thermal coronary angiography, coronary artery bypass.

ВТК — ветвь тупого края
ИБС — ишемическая болезнь сердца
КА — коронарная артерия
КАГ — коронароангиография
КВГ — коронаровентрикулоангиография
КПР — кардиоплегический раствор
ЛВГА — левая внутренняя грудная артерия

ЛЖ — левый желудочек
ЛКА — левая коронарная артерия
ОА — огибающая артерия
ПНА — передняя нисходящая артерия
ТВК — тепловизионный комплекс
ТКА — термокоронароангиография
Эхо-КТ — эхокардиография

ВВЕДЕНИЕ

Ишемическая болезнь сердца (ИБС), несмотря на достигнутые за последние десятилетия значительные успехи в ее лечении, по-прежнему занимает ведущие позиции в структуре заболеваемости и смертности населения развитых стран. Реваскуляризация миокарда является одним из наиболее эффективных методов лечения больных с ИБС.

С начала развития коронарной хирургии остается актуальным вопрос визуализации коронарных артерий (КА) во время операции для оценки их состояния, выбора оптимального места для формирования

дистальных анастомозов аутоотрансплантатов с КА и оценки их качества, а также адекватности реваскуляризации миокарда.

Для решения данной проблемы в разные годы были предложены различные методы, однако все они либо не обладают достаточной разрешающей способностью, либо требуют дорогостоящего оборудования и расходных материалов, либо не позволяют выполнить комплексную оценку состояния КА в режиме реального времени.

Таблица 1

Характеристика больных

	Больные с полной реваскуляризацией, n=398 (%)	Больные с рациональной реваскуляризацией, n=394 (%)	Статистическая значимость, p
Возраст: 34–85 лет	58,4±9,4	57,4±7,4	>0,05
Мужчин	354 (89)	362 (92)	<0,05
Женщин	44 (11)	32 (8)	>0,05
Ранее перенесенные инфаркты миокарда	326 (82)	315 (80)	>0,05
Постинфарктная аневризма левого желудочка	76 (19)	67 (17)	>0,05
Недостаточность кровообращения II А степени	223 (56)	209 (53)	>0,05
Артериальная гипертензия 3 ст.	374 (94)	362 (92)	>0,05
Острое нарушение мозгового кровообращения в анамнезе	12 (3)	6 (1,5)	>0,05
Сахарный диабет	56 (14)	49 (12,5)	>0,05
Язвенная болезнь желудка/двенадцатиперстной кишки	119 (29,9)	113 (28,6)	>0,05
Шкала GRACE	146±8	144±6	>0,05
Шкала EuroSCORE II	7,4±0,4	7,3±0,2	>0,0

КА. Большинство пациентов в обеих группах были со стенозом ствола левой коронарной артерии (ЛКА) и его эквивалентом — 69,8% в 1-й группе и 64,6% — во второй.

Таблица 2

Данные коронаровентрикулоангиографии

	Больные с полной реваскуляризацией, n=398 (%)	Больные с рациональной реваскуляризацией, n=394 (%)	Статистическая значимость, p
Однососудистое поражение	(0)	(0)	
Двухсосудистое поражение	18 (4,6)	24 (6,1)	<0,05
Трехсосудистое поражение	378 (94,9)	370 (93,9)	>0,05
Стеноз ствола левой коронарной артерии или его эквиваленты	278 (69,8)	255 (64,6)	>0,05
Признаки аневризмы левого желудочка	41 (10,3)	61 (15,5)	<0,05
Фракция выброса			
менее 40%	56 (14,0)	64 (16,3)	>0,05
более 40%	342 (86,0)	330 (83,7)	>0,05

Для оценки функционального состояния сердца всем больным выполняли трансторакальную эхокардиографию (Эхо-КГ) (по показаниям — транспищеводную Эхо-КГ, стресс-Эхо-КГ с малыми дозами добутина, радиоизотопное исследование миокарда в покое и с лекарственной пробой).

Во время выполнения оперативного вмешательства всем пациентам выполняли чреспищеводное Эхо-КГ для оценки функционального состояния сердца в постперфузионном периоде и адекватности реваскуляризации миокарда.

В качестве аутотрансплантатов использовались большие подкожные вены, лучевые артерии и левая внутренняя грудная артерия (лВГА). Состояние и свойства сосудистых трансплантатов перед операцией исследовали с помощью ультразвуковой доплерографии (большие подкожные вены, лучевая артерия) и ангиографии (лВГА).

Операции реваскуляризации миокарда были проведены с использованием сбалансированной многокомпонентной анестезии и в условиях искусственного кровообращения по стандартной методике. В качестве кардиоплегического раствора использовали раствор «Консол» или раствор на основе крови.

Для реваскуляризации миокарда использовали в основном трансплантаты в виде линейных и секвенциальных шунтов. Применяли также природные аутовенозные разветвления и Т-образные конструкции из трансплантатов. Для шунтирования передней нисходящей артерии у всех пациентов стандартно использовали лВГА. При необходимости выполняли эндартерэктомию из КА.

Виды оперативных вмешательств, выполненные больным, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Виды оперативных вмешательств

	Больные с полной реваскуляризацией, n=398	Больные с рациональной реваскуляризацией, n=394
Изолированное коронарное шунтирование	369	376
Коронарное шунтирование + протезирование аортального или митрального клапана	7	2
Коронарное шунтирование в сочетании с различными методами пластики полости левого желудочка	16	11
Коронарное шунтирование в сочетании с эндартерэктомией из внутренней грудной артерии	6	5

МЕТОДИКА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТЕПЛОВИЗИОННОГО КОМПЛЕКСА ВО ВРЕМЯ ОПЕРАЦИИ КОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ АДЕКВАТНОСТИ РЕВАСКУЛЯРИЗАЦИИ МИОКАРДА

После начала оперативного вмешательства ТВК устанавливают в операционной со стороны головы пациента и настраивают палитру для условий работы в температурных режимах от +4°C до +30°C (в зависимости от этапа операции). Монитор, на который проецируется изображение, располагают напротив оперирующего хирурга. После начала искусственного кровообращения, поперечного пережатия аорты и остановки сердечной деятельности с помощью охлажденного (до +4° С) кардиоплегического раствора (КПР) производят визуальную и пальпаторную ревизию КА. В случаях, когда невозможно обнаружить КА вследствие их интрамиокардиального расположения или вовлеченности в рубцовые ткани при выраженном синдроме Дресслера, с помощью ТВК выполняют ТКА.

Камеру фокусируют на поверхность сердца и в корень аорты проливают охлажденный КПР. Коронарное русло визуализируют за счет возникновения температурного градиента между эпикардом и сосудистой стенкой. Более четкую визуализацию КА можно получить при увеличении температурного градиента «эпикард-коронарный сосуд», что достигается однократным орошением поверхности сердца изотоническим раствором комнатной температуры.

Время, необходимое для четкой визуализации КА на мониторе ТВК, занимает от 5 до 40 с. Связано это с различной толщиной эпикарда и жирового слоя над

КА в разных участках различной глубиной залегания КА в толще миокарда или в рубцах и наличием различной степени выраженности стенозов по ходу артерий, вплоть до их окклюзий.

ТКА позволяет обнаружить КА (тем самым сокращается время на их поиски), осуществить качественную оценку их состояния (выявление участков со стенозами) и выбрать оптимальное место для формирования анастомоза с аутоотрансплантатом.

После формирования дистального анастомоза в аутоотрансплантат при помощи шприца подают холодный ($6-10^{\circ}\text{C}$) физиологический раствор в объеме 20–30 мл. При прохождении холодного раствора по трансплантату и далее по КА на мониторе ТВК в реальном времени четко визуализируют область дистального анастомоза и коронарное русло с зоной реваскуляризации миокарда.

По полученному на мониторе ТВК изображению оценивают качество выполненного анастомоза и выявляют технические ошибки, если они имеются (дефекты анастомоза, оценка его герметичности). Следующим этапом оценивается адекватность реваскуляризации миокарда в ишемизированной зоне и необходимость выполнения дополнительного шунтирования расположенных рядом КА. При удовлетворительном заполнении физиологическим раствором через трансплантат коронарного русла ниже дистального анастомоза и соседних КА по развитым внутри- и межсистемным коллатералям или ретроградно, с хорошей перфузией миокарда в ишемизированной зоне. Дополнительное шунтирование КА в данной области не выполняли.

В качестве наглядного примера представляем коронароангиограмму больной с окклюзией крупной ветви тупого края (ВТК), которая обеспечивала кровоснабжение обширной зоны боковой стенки миокарда ЛЖ (рис. 1) и интраоперационное фото (рис. 2) той же больной, полученной при ТКА с помощью тепловизора, после реваскуляризации миокарда в данной области.

Как можно увидеть на рис. 2, с помощью одного линейного шунта (большая подкожная вена) удалось восстановить кровоток по ВТК с хорошим заполнением рядом расположенных артерий. В результате восстановлена перфузия всей зоны ишемизированного миокарда, что свидетельствует о формировании дистального анастомоза в оптимальном месте и адекватности выполненной реваскуляризации миокарда.

Несмотря на удовлетворительное заполнение коронарного русла физиологическим раствором через трансплантат ниже дистального анастомоза, если рядом расположенные КА с гемодинамически значимыми стенозами не заполнялись (отсутствие внутри и межсистемных коллатералей, наличие значимых стенозов в артериях, препятствующие ретроградному кровотоку), то выполняли их дополнительное шунтирование, чтобы обеспечить достаточную перфузию ишемизированной зоны миокарда.

В качестве наглядного примера представляем интраоперационное фото больного (рис. 3), полученное с помощью тепловизора после формирования дистального анастомоза аутоинозного трансплантата с огибающей артерией (ОА) на боковой стенке левого желудочка (ЛЖ).

На представленной термокоронарограмме видно, что после шунтирования и проливания охлажденного физиологического раствора через венозный трансплантат отмечается хорошее заполнение коронарных артерий (ОА, ВТК) ниже анастомоза, однако отсутствует заполнение рядом расположенных ветвей правой

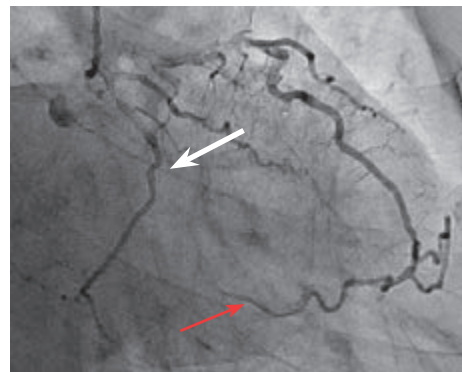


Рис. 1. Коронароангиограмма пациентки до операции. Белой стрелкой обозначено место окклюзии ветви тупого края. Красной стрелкой — дистальные отделы ветви тупого края

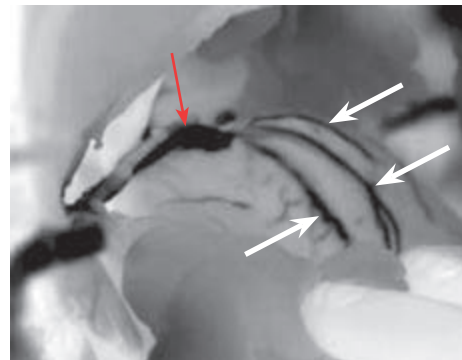


Рис. 2. Процесс заполнения холодным физиологическим раствором аутоинозного трансплантата (красная стрелка) и ветви тупого края (белые стрелки) на боковой стенке левого желудочка. Изображение получено с помощью тепловизора

КА (что свидетельствует об отсутствии межсистемных коллатералей). По данным коронароангиограммы того же больного (рис. 4) отмечается диффузное поражение правой КА с гемодинамически значимым стенозированием в ее проксимальном отделе. Больному выполнено шунтирование задней межжелудочковой ветви (рис. 5). Таким образом, восстановлено адекватное кровоснабжение заднебоковой стенки миокарда ЛЖ.

При выполнении секвенциальных анастомозов, или, если в качестве трансплантата использовалась аутовена с природным аутоинозным разветвлением, либо сформированная Т-образная конструкция из аутоотрансплантатов, регистрацию на ТВК осуществляют поэтапно для каждой бранши или участка трансплантата.

Качество сформированного анастомоза лВГА с передней нисходящей артерией (ПНА) и адекватность реваскуляризации миокарда оценивают после восстановления кровотока по артериальному шунту (по характеру изображения на мониторе ТВК зоны анастомоза, скорости появления сосудистого рисунка и интенсивности прогрессива миокарда).

В качестве наглядного примера представляем коронароангиограмму больного с субтотальным стенозом ПНА перед отхождением диагональной ветви (рис. 6) и интраоперационное фото (рис. 7) того же больного, полученное с помощью тепловизора, после реваскуляризации переднебоковой стенки миокарда ЛЖ. Хорошо видно, что с помощью одной лВГА удалось восстановить хороший кровоток по ПНА и диагональной ветви (диагональная ветвь заполняется ретроградно через ПНА), что свидетельствует о формировании

качественного дистального анастомоза в оптимальном месте и адекватности выполненной реваскуляризации миокарда. Шунтирование диагональной ветви в данном случае могло создать конкурентный кровоток.

После выполнения всех сосудистых анастомозов и восстановления кровотока по КА, производят оценку полноты реваскуляризации миокарда. После реперфузии и восстановления кровотока при помощи ТВК хорошо прослеживается интенсивность согревания миокарда, по которой можно косвенно судить о качестве перфузии в разных участках (рис. 7).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Четкое изображение КА при ТКА было получено во всех случаях их неокклюзионного поражения. При окклюзиях КА время заполнения сосудистого русла и четкость их визуализации напрямую зависела от наличия коллатералей.

У 6 пациентов использование ТВК помогло обнаружить расположение КА (что не удавалось при обычном визуальном осмотре и пальпации эпикарда) и определить оптимальное место для формирования анастомоза с аутоотрансплантатом. Из них у 2 пациентов был выраженный синдром Дресслера, а у 4 больных КА располагалась глубоко субэпикардиально.

Всего исследовано 1482 дистальных анастомоза аутоотрансплантатов с КА у 394 пациентов: анастомозов венозных трансплантатов с КА — 1024, анастомозов артериальных трансплантатов (ЛВГА, лучевые артерии) с КА — 458.

У 8 пациентов была выявлена негерметичность анастомоза при проливании холодного физиологического раствора через шунт в виде экстравазации («тепловое пятно»), которая была не видна при обычном осмотре. С помощью тепловизора удалось четко определить место дефекта и выполнить герметизацию анастомоза до пуска кровотока, что позволило избежать в последующем дополнительных прошиваний в области анастомоза на работающем сердце.

У 3 пациентов после формирования дистального анастомоза аутоотрансплантата с КА при ТКА отмечено отсутствие адекватного кровотока, что потребовало выполнения ревизии анастомозов и их перешивания.

Обнаружение КА с помощью ТВК при их интрамиокардиальном расположении, а также выявление недостатков сразу после формирования дистальных анастомозов и своевременное их устранение позволили избежать в последующем серьезных осложнений.

У всех 394 пациентов (после восстановления кровотока по аутоотрансплантатам и восстановления нормальной сердечной деятельности) отмечено отсутствие значимых температурных градиентов на поверхности различных участков миокарда, что, по нашему мнению, свидетельствует о «достаточной» или «адекватной» реваскуляризации миокарда. Адекватность реваскуляризации миокарда была подтверждена и при оценке сократительной способности миокарда с помощью чреспищеводной Эхо-КГ в постперфузионном периоде.

На наш взгляд, поэтапная оценка кровотока по КА через секвенциальные анастомозы, природные разветвления и сформированные Т-образные конструкции позволяет оценить полноту и качество реваскуляризации миокарда, а также избежать формирования лишних анастомозов.

Общеизвестно, что сокращение числа дистальных анастомозов позволяет уменьшить время ишемии миокарда и искусственного кровообращения, что в

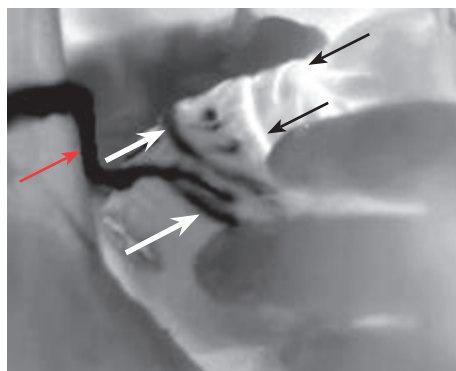


Рис. 3. Процесс заполнения холодным физиологическим раствором аутоинозного трансплантата (красная стрелка) и огибающей артерии с ее ветвями (белые стрелки). Черными стрелками обозначены артерии правой коронарной артерии. Четко видно отсутствие межсистемных коллатералей. Изображение получено с помощью тепловизора со стороны головы больного. Верхушка сердца ротируется к голове и немного влево. Видна задняя поверхность сердца



Рис. 4. Коронароангиограмма пациента до операции. Красной стрелкой обозначена правая коронарная артерия. Зелеными стрелками — задняя межжелудочковая и задняя боковая ветвь

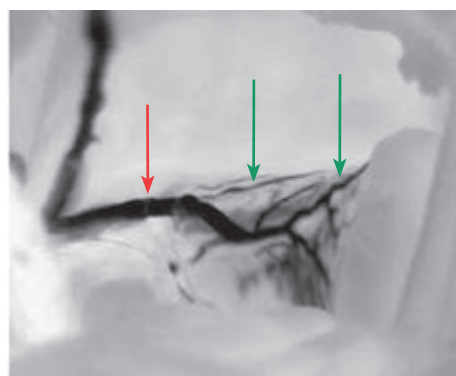


Рис. 5. Процесс заполнения холодным физиологическим раствором аутоинозного трансплантата (красная стрелка) и ветвей правой коронарной артерии (зеленые стрелки). Изображение получено с помощью тепловизора

свою очередь благоприятно влияет на результаты оперативного вмешательства.

Так, благодаря применению ТВК и новой хирургической тактике при реваскуляризации миокарда среднее количество дистальных анастомозов за последние 2 года сократилось с 4,7 до 3,7 по сравнению с предшествующими годами. При этом, сравнив результаты хирургического лечения в ближайшем и отдаленном периоде у пациентов с максимально полным

восстановлением кровотока во всех пораженных КА и у пациентов с рациональным подходом при определении количества дистальных анастомозов, мы не выявили статистически значимой разницы по частоте рецидива стенокардии и летальности (табл. 4).

Таблица 4

Результаты хирургического лечения пациентов с полной и «рациональной» реваскуляризацией в ближайшем и отдаленном послеоперационном периоде

	Ранние результаты		
	Больные с полной реваскуляризацией n=398	Больные с рациональной реваскуляризацией n=394	Статистическая значимость, p
Время инфаркта миокарда, мин	55,3±10,1	45,1±5,3	<0,05
Время искусственного кровообращения, мин	80,5±15,4	60,3±10,4	<0,05
Количество дистальных анастомозов	4,7	3,7	
Умершие от кардиальных причин	9 (2,2%)	9 (2,3%)	>0,05
	Отдаленные результаты. Сроки наблюдения от 3 до 21 мес (средний срок – 11,3 мес)		
	n=84	n=86	
Свободны от стенокардии	80(95,2%)	80(93,0%)	>0,05
Стенокардия 2–3 функционального класса	4 (4,7%)	5 (5,8%)	>0,05
Инфаркт миокарда после выписки	1	2	
Толерантность к нагрузке:			
нагрузочная проба отрицательная	79 (94,1%)	80 (93,1%)	>0,05
нагрузочная проба положительная, толерантность средняя	5 (5,9%)	6 (6,9%)	>0,05
умерших от кардиальных причин	–	–	

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, интраоперационная термокоронароангиография с помощью ТВК является эффективным безопасным методом для визуализации в реальном времени коронарного русла, оценки состояния КА и качества выполненных анастомозов. ТВК позволяет определить оптимальное (рациональное) количество дистальных анастомозов с эффективной, безопасной и адекватной реваскуляризацией миокарда, поскольку с помощью ТКА с достаточно высокой точностью можно визуализировать зоны кровоснабжения миокарда после каждого вновь сформированного дистального анастомоза, что в свою очередь позволяет избежать

ЛИТЕРАТУРА

1. Robicsek F., Masters T.N., Svenson R.H., et al. The application of thermography in the study of coronary blood flow // *Surgery*. – 1978. – Vol. 84, N. 6. – P. 858–864.
2. Brydon J.W., Lambie A.K., Wheatley D.J. Thermographic visualisation of coronary artery blood flow during by-pass surgery // *J. Med. Eng. Technol.* – 1979. – Vol. 3, N. 2. – P. 77–80.
3. Mohr F.W., Falk V., Krieger H., et al. IMA-graft patency control by thermal coronary angiography during coronary bypass surgery // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 1991. – Vol. 5, N. 10. – P. 534–541.
4. Falk V., Walter T., Philippi A., et al. Thermal coronary angiography for intraoperative patency control of arterial and saphenous vein coronary artery bypass grafts: results in 370 patients // *J. Card. Surg.* – 1995. – Vol. 10, N. 2. – P. 147–160.
5. Gordon N., Rispler S., Sideman S., et al. Thermographic imaging in the beating heart: a method for coronary flow estimation based on a heat transfer model // *Med. Eng. Phys.* – 1998. – Vol. 20, N. 6. – P. 443–451.
6. Suma H., Isomura T., Horii T., Sato T. Intraoperative coronary artery imaging with infrared camera in off-pump CABG // *Ann. Thorac. Surg.* – 2000. – Vol. 70, N. 5. – P. 1741–1742.

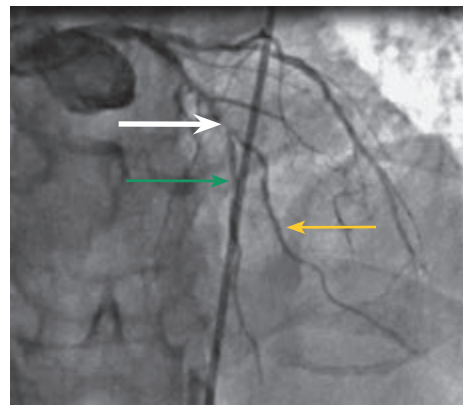


Рис. 6. Коронароангиограмма пациента до операции. Зеленой стрелкой обозначена передняя нисходящая артерия. Желтой стрелкой — диагональная ветвь. Белой стрелкой — место стеноза

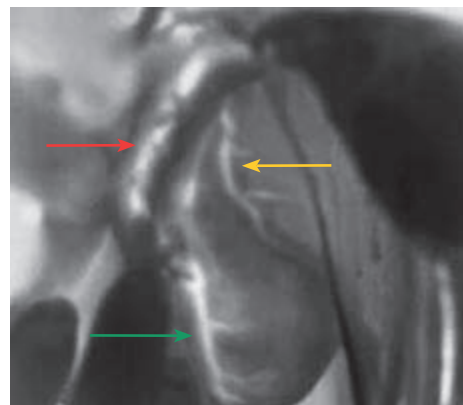


Рис. 7. Процесс заполнения кровью через левую внутреннюю грудную артерию (красная стрелка) передней нисходящей артерии (зеленая стрелка) и диагональной ветви (желтая стрелка). Изображение получено с помощью тепловизора

формирования лишних анастомозов и создания условий конкурентного кровотока в шунтах. Следует отметить, что оценка полноты реваскуляризации миокарда с помощью ТВК на данном этапе является качественной и требует дальнейшей доработки по расширению его функциональности.

В настоящее время ведутся работы по расширению возможностей ТВК и программного обеспечения, что в последующем должно позволить проводить количественную оценку в зонах перфузии миокарда. Это, в свою очередь, поможет лучше оценивать полноту и адекватность реваскуляризации миокарда.

7. Baretta R., Eckel L., Krabatsch T., et al. Myocardial rewarming mirrors intraoperative mammary artery graft function // *Card. Surg.* – 2003. – Vol. 18, N. 5. – P. 404–409.
8. Sonmez B., Arbatli H., Tansal S., et al. Real-time patency control with thermal coronary angiography in 1401 coronary artery bypass grafting patients // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2003. – Vol. 24, N. 6. – P. 961–966.
9. Diamantopoulos L., Liu X., De Scheerder I., et al. The effect of reduced blood-flow on the coronary wall temperature. Are significant lesions suitable for intravascular thermography? // *Eur. Heart J.* – 2003. – Vol. 24, N. 19. – P. 1788–1995.
10. Чернышев Д.В., Ширяев А.А., Лепилин М.Г. и др. Первое использование тепловизора для определения эффективности шунтирования коронарных артерий в ОССХ РКНПК МЗ РФ // *Прогресс и проблемы в лечении заболеваний сердца и сосудов: материалы юб. конф., посвящ. 100-летию Санкт-Петербургского гос. мед. ун-та им. акад. И.П. Павлова, г. Санкт-Петербург, 8-11 дек. 1997 г.* – СПб., 1997. – С. 76–77.

11. Akchurin R.S., Brand J.B., Lepilin M.G., et al. Termocoronarography in CABG // 18th Word Congress of the International Union of Angiology, Tokyo, Japan, 14–18 sept. 1998. – Tokyo, 1998. – P. 8.
12. Акчурун Р.С., Ширяев А.А., Бранд Я.Б. и др. Использование термокоронароангиографии при коронарном шунтировании // Четвертый Всерос. съезд сердечно-сосудистых хирургов: тез. докл., г. Москва, 8–11 дек. 1998 г. – М., 1998. – С. 65.
13. Акчурун Р.С., Шербаков М.И., Партигулов С.А. и др. Оценка адекватности защиты миокарда при помощи термокоронароангиографии // 2-й Всерос. съезд по экстракорпоральным технологиям, г. Казань, июнь 1999г. – Казань, 1999. – С. 35–36.
14. Бранд Я.Б., Мазанов М.Х., Пронин А.В., Чернышев Д.В. Использование тепловизора в коронарной хирургии // Диагностическая и интервенционная радиология. – 2014. – Т. 8, № 4. – С. 13–20.
15. Шабалкин Б.В. Современное состояние проблемы прямой реваскуляризации миокарда // Междунар. мед. журнал. – 2002. – Т. 8, № 1/2. – С. 7–10.
16. Шабалкин Б.В., Жбанов И.В., Минкина С.М., Абугов С.А. «Болезнь» аутовенозных трансплантатов основная причина рецидива стенокардии после аортокоронарного шунтирования // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. – 1999. – № 5. – С. 20–26.
17. Алькинди Абузейд, Медведев А.П., Киселев С.В. и др. Рецидив стенокардии после коронарного шунтирования: причины и тактика дальнейшего лечения // Патология кровообращения и кардиохирургия. – 2003. – № 4. – С. 37–39.
18. Hjelms E., Kjaergard H. Repeat coronary artery bypass grafting // Scand. J. Thorac. Cardiovasc. Surg. 1991. – Vol. 25, N. 2. – P. 133–135.
19. Kondoh K., Sasaki S., Oku T., et al. The results and problems of reoperation for coronary artery disease // Kyobu-Geka. – 1992. – Vol. 45, N. 7. – P. 565–569.
20. Oku T., Yamane S., Suma H., et al. Comparison of prostacyclin production of human gastroepiploic artery and saphenous vein // Aim. Thorac. Surg. – 1990. – Vol. 49 (5). – P. 767–770.
21. Bourassa M.G., Enjalbert M., Campeau L., Lesperance J. Progression of atherosclerosis in coronary arteries and bypass grafts: ten years later // Am. J. Cardiol. – 1984. – Vol. 53. – P. 102–107.
22. Залесов В.Е., Ипатов П.В., Гайдуков А.В. и др. Анализ причин возврата стенокардии после операций коронарного шунтирования по результатам коронарной ангиографии и шунтографии // Кардиология и сердечно-сосудистая хирургия. – 2008. – № 4. – С. 29–33.
23. Беленков Ю.Н., Акчурун Р.С., Савченко А.П. и др. Изменения нативного коронарного русла и аортокоронарных шунтов у больных ишемической болезнью сердца в разные сроки после операции коронарного шунтирования // Кардиология. – 2002. – № 12. – С. 29–34.
24. Белов Ю.В., Россейкин Е.В. Адекватность реваскуляризации миокарда — «краеугольный камень» успешной коронарной хирургии // Бюлл. НЦССХ им. А.Н. Бакулева «Сердечно-сосудистая хирургия». – 2000. – № 2 [Тез. докл. Шестого Всерос. съезда сердечно-сосудистых хирургов, г. Москва, 5–8 дек. 2000 г.]. – С. 50.
25. Brand M.J., Rensing B.J., Morel M.M., et al. The effect of completeness of revascularization on event-free survival at one year in the arts trial // J. Am. Coll. Cardiol. – 2002. – Vol. 39. – P. 559–564.
26. Bical O.M., Koury W., Fromes Y., et al. Routine use of bilateral skeletonized ITA grafts in middle-aged diabetic patients // Ann. Thorac. Surg. – 2004. – Vol. 78. – P. 2050–2053.
27. Dettler C., Russ D., Iffland A., et al. Near-infrared fluorescence coronary angiography: a new noninvasive technology for intraoperative graft patency control // Heart Surg. Forum. – 2002. – Vol. 5, N. 4. – P. 364–369.
28. Daniel W., Klein H., Hetzer R., et al. Thermocardiography — a method for continuous assessment of myocardial perfusion dynamics in the exposed animal and human heart // Thorac. Cardiovasc. Surg. – 1979. – Vol. 27, N. 1. – P. 51–57.

REFERENCES

1. Robicsek F., Masters T.N., Svenson R.H. et al. The application of thermography in the study of coronary blood flow. *Surgery*. 1978;84(6):858–864.
2. Brydon J.W., Lambie A.K., Wheatley D.J. Thermographic visualisation of coronary artery blood flow during by-pass surgery. *J Med Eng Technol*. 1979;3(2):77–80.
3. Mohr F.W., Falk V., Krieger H. et al. IMA-graft patency control by thermal coronary angiography during coronary bypass surgery. *Eur J Cardiothorac Surg*. 1991;5(10):534–541.
4. Falk V., Walter T., Philippi A., et al. Thermal coronary angiography for intraoperative patency control of arterial and saphenous vein coronary artery bypass grafts: results in 370 patients. *J Card Surg*. 1995;10(2):147–160.
5. Gordon N., Rispler S., Sideman S., et al. Thermographic imaging in the beating heart: a method for coronary flow estimation based on a heat transfer model. *Med Eng Phys*. 1998;20(6):443–451.
6. Suma H., Isomura T., Horii T., Sato T. Intraoperative coronary artery imaging with infrared camera in off-pump CABG. *Ann Thorac Surg*. 2000;70(5):1741–1742.
7. Baretti R., Eckel L., Krabatsch T., et al. Myocardial rewarming mirrors intraoperative mammary artery graft function. *Card Surg*. 2003;18(5):404–409.
8. Sonmez B., Arbatli H., Tansal S., et al. Real-time patency control with thermal coronary angiography in 1401 coronary artery bypass grafting patients. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2003;24(6):961–966.
9. Diamantopoulos L., Liu X., De Scheerder I., et al. The effect of reduced blood-flow on the coronary wall temperature. Are significant lesions suitable for intravascular thermography? *Eur Heart J*. 2003;24(19):1788–1995.
10. Chernyshev D.V., Shiryayev A.A., Lepilin M.G., et al. First use of a thermal imager to determine the effectiveness of bypass surgery of coronary arteries in cardiovascular surgery Russian cardiology research and production complex MH RF. *Progress and problems in the treatment of diseases of the heart and blood vessels: materials at. Conf. internat. 100 anniversary of St. Petersburg state med. un. im. Acad. I.P. Pavlov, Saint-Petersburg, 1997, Dec 8–11. St. Petersburg, 1997. P. 76–77. (In Russian).*
11. Akchurin R.S., Brand Ya.B., Lepilin M.G., et al. Termocoronarography in CABG. *18th Word Congress of the International Union of Angiology*, Tokyo, Japan, on September 14–18, 1998. Tokyo, 1998: 8. (In Russian).
12. Akchurin R.S., Shiryayev A.A., Brand Ya.B., et al. Use of thermochromatography during coronary artery bypass grafting. *Fourth Russian Congress of Cardiovascular Surgeons: abstracts: abstracts*. Moscow, 1998, Dec 8–11. Moscow, 1998. 65. (In Russian).
13. Akchurin R.S., Scherbakov M.I., Partigulov S.A., et al. An assessment of the adequacy of myocardial protection with thermochromatography. *2nd All-Russian Congress on extracorporeal technologies*. Kazan, Russia, June 1999. Kazan, 1999. 35–36. (In Russian).
14. Brand Ya.B., Mazanov M.H., Pronin A.V., Chernyshev D.V. Using a thermal imager in coronary surgery. *Diagnosticheskaya i intervensionnaya radiologiya*. 2014; 8 (4): 13–20. (In Russian).
15. Shabalkin B.V. Current state of direct myocardial revascularization // *Mezhdunarodnyy meditsinskiy zhurnal*. 2002;8(1/2):7–10. (In Russian).
16. Shabalkin B.V., Zhibanov I.V., Minkina S.M., Abugov S.A. “Disease” autovenous transplants the main reason for the recurrence of angina after coronary artery bypass surgery. *Grudnaya i serdechno-sosudistaya khirurgiya*. 1999;5(5):20–26. (In Russian).
17. Al'kindi Abuzeyd, Medvedev A.P., Kiselev S.V., et al. Recurrence of angina after coronary artery bypass grafting: causes and further treatment. *Patologiya krovoobrashcheniya i kardiokhirurgiya*. 2003;4:37–39. (In Russian).
18. Hjelms E., Kjaergard H. Repeat coronary artery bypass grafting. *Scand J Thorac Cardiovasc Surg*. 1991;25(2):133–135.
19. Kondoh K., Sasaki S., Oku T., et al. The results and problems of reoperation for coronary artery disease. *Kyobu-Geka*. 1992;45(7):565–569.
20. Oku T., Yamane S., Suma H., et al. Comparison of prostacyclin production of human gastroepiploic artery and saphenous vein. *Aim Thorac Surg*. 1990;49(5):767–770.
21. Bourassa M.G., Enjalbert M., Campeau L., Lesperance J. Progression of atherosclerosis in coronary arteries and bypass grafts: ten years later. *Am J Cardiol*. 1984;53:102–107.
22. Zalesov V.E., Ipatov P.V., Gaydukov A.V., et al. Analysis of the causes of recurrence of angina after coronary artery bypass graft surgery according to the results of coronary angiography and shuntography. *Kardiologiya i serdechno-sosudistaya khirurgiya*. 2008;4:29–33. (In Russian).
23. Belenkov Yu.N., Akchurin R.S., Savchenko A.P., et al. Changes of native coronary arteries and coronary bypass grafts in patients with coronary heart disease at various times after coronary bypass surgery. *Kardiologiya*. 2002;12:29–34. (In Russian).
24. Belov Yu.V., Rosseykin E.V. Adequacy of myocardial revascularization — the “cornerstone” of a successful coronary surgery. *Byull. NTSSKh im. A.N. Bakuleva Serdechno-sosudistaya khirurgiya*. 2000; 2 Proc. the Sixth All-Russian. Congress of cardiovascular surgeons, Moscow, 2000, Dec 5–8: 50. (In Russian).
25. Brand M.J., Rensing B.J., Morel M.M., et al. The effect of completeness of revascularization on event-free survival at one year in the arts trial. *J Am Coll Cardiol*. 2002;39(4):559–564. doi:10.1016/S0735-1097(01)01785-5.
26. Bical O. M., Koury W., Fromes Y., et al. Routine use of bilateral skeletonized ITA grafts in middle-aged diabetic patients. *Ann Thorac Surg*. 2004;78:2050–2053.
27. Dettler C., Russ D., Iffland A., et al. Near-infrared fluorescence coronary angiography: a new noninvasive technology for intraoperative graft patency control. *Heart Surg Forum*. 2002;5(4):364–369.
28. Daniel W., Klein H., Hetzer R., et al. Thermocardiography — a method for continuous assessment of myocardial perfusion dynamics in the exposed animal and human heart. *Thorac Cardiovasc Surg*. 1979;27(1):51–57.

Поступила 10.03.2016

Контактная информация:
Мазанов Мурат Хамидбиевич,
 с.н.с. отделения неотложной коронарной хирургии
 НИИ СП им. Н.В. Склифосовского ДЗ г. Москвы
 e-mail: mazan@bk.ru